

氏 名	丸吉 一暢
学位の種類	博士（理学）
学位記番号	第 5300 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者
学位論文名	Gauge Theory with Partially Broken $N = 2$ Supersymmetry and Low Energy Effective Theory (部分的に破れた $N = 2$ 超対称性を持つゲージ理論と低エネルギー有効理論)
論文審査委員	主 査 教 授 糸山 浩 副 査 教 授 中尾 憲一 副 査 准教授 安井 幸則

論文内容の要旨

本論文は、4次元 $N=1$ 超対称ゲージ理論、特に超対称性が $N=2$ から $N=1$ へ自発的に破れるゲージ模型の低エネルギー有効理論を主題とする研究である。

古典的な超ポテンシャルを持つ $N=1$ 超対称ゲージ理論の低エネルギー有効超ポテンシャルは、ゲージ/重力対応を用いて重力理論や行列模型から計算できることが知られている。この理論の運動項部分にカイラル超場への依存性を与え、運動項と超ポテンシャルが一つの正則関数によって書けるように理論を構成した場合、理論はより大きい対称性である $N=2$ 超対称性を持つ。この理論では $N=2$ 超対称性は自発的に $N=1$ へ破れることが示されている。そこで、この理論において、低エネルギー有効超ポテンシャルを、摂動計算の方法と小西アノマリーを利用した方法の両方で計算した。また、知られていた $N=1$ 超対称ゲージ理論の場合と比べ、非自明な変形項を持つことを示した。

次に、理論の真空構造を調べた。この理論には、 $N=1$ 超対称ゲージ理論に比べ、 $N=1$ 超対称を保つ真空がより多く存在することが知られていたが、これらの一部では運動エネルギーが負になるので物理的に意味のある真空とは思われていなかった。しかし、超弦理論や有効超ポテンシャルの解析から従う考察をこの理論に適用することにより、上記の負の運動エネルギーを持つ真空は超対称性が完全に破れた真空として記述できることを指摘した。さらに、この理論の特徴として、超対称性が破れた準安定な真空が存在し得ることを示した。

上記模型は物質場を含まない理論であり、ゲージ群の基本表現に属する物質場を含み、かつ超対称性を部分的に破ることは困難であると思われていた。そこで、クイバーゲージ理論においてはこれが可能であることを発見し、実際に明確な模型を構成し部分的破れが起こっていることを示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、 $N=2$ 超対称性が部分的且つ自発的に $N=1$ へ破れるゲージ理論の低エネルギーでの振る舞いに関する研究である。 $N=1$ 超対称ゲージ理論の低エネルギー有効超ポテンシャルは Dijkgraaf-Vafa などによって、行列模型を用いて計算できることが知られていた。本論文では、超対称性が $N=2$ から $N=1$ へ自発的に破れるようなゲージ理論において低エネルギー有効超ポテンシャルを計算し、それが Dijkgraaf-Vafa によって求められていたものと比較し新たな変形項を持つことを、supergraph の方法と拡張された小西アノマリー方程式の二つの方法を用いて世界で初めて明らかにした。この研究を契機に超弦理論の立場から、 B 場を含むフラックスコンパクト化からのこの結果の再導出が Aganagic et al. によって行われた。

また、本論文では、超対称性が自発的に $N=2$ から $N=1$ へ破れる理論の真空構造の解析も行われた。上記で求めた有効超ポテンシャルにより、この理論のいくつかの真空は超対称性が完全に破れた真空であることが示された。この事実により、豊富な真空構造が明らかにされた。このことは非常に興味深い。

さらに、超対称性が自発的に $N=2$ から $N=1$ へ破れるクイバーゲージ理論の構成を行い、 $N=1$ 超対称性を持つ真空での質量スペクトラムを計算した。

以上のように本論文は、部分的且つ自発的に破れた超対称性を持つゲージ理論の低エネルギーでの振る舞いを解明した独創的な研究であり、超対称ゲージ理論に新たな知見を与えるものである。よって博士（理学）の学位を授与するに値すると審査した。